

HIGH HARDNESS COLD TOOL STEEL FOR PREHARDENING EXCELLENT IN WEAR RESISTANCE AND MACHINABILITY

Patent Number: JP11279704
 Publication date: 1999-10-12
 Inventor(s): YOSHIDA JUNJI; MACHIDA YUUYA; HAYASHIDA KEIICHI
 Applicant(s): NIPPON KOSHUHA STEEL CO LTD
 Requested Patent: ☐ JP11279704
 Application Number: JP19980098493 19980326
 Priority Number(s):
 IPC Classification: C22C38/00; B21D37/01; C21D1/18; C21D1/25; C21D6/00; C22C38/24
 EC Classification:
 Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a tool steel improved in machinability by containing a specified quantity in each of C, Si, Mn, Cr, Mo and V, making the balance to be Fe with inevitable impurities, and specifying a value of Rockwell hardness after quenching/tempering.
SOLUTION: The content is, by weight, 1.20-1.35% C, 0.20-0.30% Si, $\geq 0.3\%$ Mn, 9.0-11.0% Cr, 1.10-1.35 Mo, 0.20-0.45% V. A Rockwell hardness after quenching/tempering is 55-60 HRC, a wear resistance machinability index preferably satisfies the formula of $1,800 < 25,329 - 0.325 \times (\text{Rockwell hardness}) < 3 > + 15.9 \times (\text{residual austenite } \%) < 2 > - 329.9 \times (\text{residual austenite } \%)$. A tempering treatment temp. after quenching is ≥ 505 deg.C and the steel is treated by repeating twice or more to be a Rockwell hardness of 55-60 HRC, further preferably, a tempering treatment temp. is ≥ 550 deg.C and a Rockwell hardness is 56-59 HRC.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-279704

(43) 公開日 平成11年(1999)10月12日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I		
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00		3 0 2 E
B 2 1 D 37/01		B 2 1 D 37/01		
C 2 1 D 1/18		C 2 1 D 1/18		P
1/25		1/25		
6/00	1 0 1	6/00		1 0 1 K
審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 12 頁) 最終頁に続く				

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-98493

(22) 出願日 平成10年(1998)3月26日

(71) 出願人 000231165

日本高周波鋼業株式会社

東京都千代田区大手町1丁目7番2号

(72) 発明者 吉田 潤二

富山県新湊市八幡町3-10-15 日本高周波鋼業株式会社富山製造所内

(72) 発明者 町田 有治

富山県新湊市八幡町3-10-15 日本高周波鋼業株式会社富山製造所内

(72) 発明者 林 田 敬一

富山県新湊市八幡町3-10-15 日本高周波鋼業株式会社富山製造所内

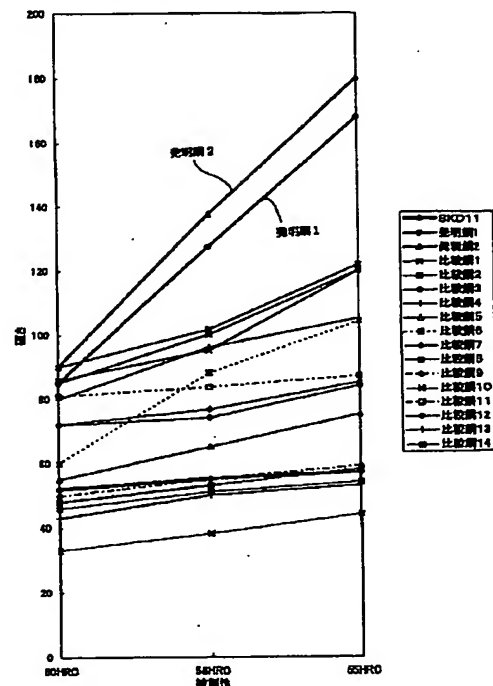
(74) 代理人 弁理士 斎藤 栄一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 耐摩耗性、被削性に優れたプレハードン用高硬度冷間工具鋼

(57) 【要約】

【課題】 冷間工具鋼に熱処理後の耐摩耗性や焼きなまし状態の被削性の改善が行なわれているが、焼入焼戻し後の被削性の著しい改善と工程の短縮を可能にする。

【解決手段】 構成成分を限定し、被削性を著しく改善し、同時に熱処理変寸を最小化させるには、さらに成分の限定が重要であり、特に、C、Si、Mn、Cr、Mo及びVの限定が重要であるとともに、焼入れ焼戻し処理条件を限定することが所望の性能改善のためにいっそう効果的である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C：1.20～1.35、Si：0.20～0.30、Mn：0.3以上、Cr：9.0～11.0、Mo：1.10～1.35、V：0.20～0.45を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなり、焼入れ焼戻し実施後のロックウェル硬さが55～60HRCに選択されて成り、被削性を優れたことを特徴とする冷間工具鋼。

【請求項2】 さらに重量%で、S：0.04～0.17を含有することを特徴とする請求項1記載の冷間工具鋼。

【請求項3】 耐摩耗被削性指数が、次の式： $1800 < 25329 - 0.325 \times (\text{ロックウェル硬さ})^3 + 27.05 \times (\text{ロックウェル硬さ})^2 + 15.9 \times (\text{残留オーステナイト}\%)^2 - 329.9 \times \text{残留オーステナイト}\%$ を満足する請求項1または2記載の冷間工具鋼。

【請求項4】 焼入れ後の焼戻し処理温度を505℃以上とし、2回以上繰返し処理を実施し、ロックウェル硬さを55～60HRCにしたことを特徴とする請求項1または2記載の冷間工具鋼。

【請求項5】 前記焼戻し処理温度が510℃以上であり、ロックウェル硬さが56～59HRCであることを特徴とする請求項4記載の冷間工具鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱処理変寸、耐摩耗性および被削性に優れた冷間工具鋼として利用可能な工具鋼に関し、特にJIS G4404に規定されるSKD11が使用され得るダイス、ゲージ、シャー刃、プレス型、パンチ、れんが型、粉末成型型、金型刃物およびロール等に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から焼入れ焼戻しを施した鋼としては、特開昭63-183185号公報、特公昭52-1372号公報に開示されているように、事前に熱処理を施して硬化させた鋼を直接切削加工などを行い、主にプラスチック用金型の材料として使用するものが知られていた。焼入れ焼戻しされた調質鋼は焼なまし状態で粗加工を施しているため、その後に熱処理による変形やスケールの発生を心配する必要がなく、金型製造納期や経済性の面でも有利といったメリットがあった。

【0003】しかしながら、このような従来のプレハードン鋼は、硬度が10～45HRC前後であり比較的硬度が低く、耐摩耗性が必要とされるJIS規格のSKD11が使用されるプレス金型やパンチなどに使用されることはなかった。この原因は、このようなプレハードン鋼は55HRC以上の硬度を出した状態では著しく被削性が悪く、仮に硬度を下げて被削性を改善しても、製品として使用した時の耐摩耗性が悪いので、実用化はされ

ていなかった。

【0004】本発明者等は、このような問題点を解決するため、特開平8-120333号公報および特開平9-268010号公報に記載の如く、焼なまし状態での被削性や熱処理による変寸率を改善した冷間工具鋼を提案した。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような先願発明の冷間工具鋼は、JIS規格のSKD11に比べ、熱処理後の耐摩耗性や焼なまし状態での被削性は良好であるが、焼入れ焼戻し後の被削性が悪いという問題点があった。本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたものであり、構成成分範囲を先願発明、特に後者の成分範囲よりさらに限定することにより、焼なまし状態での被削性の著しい改善と同時に熱処理変寸を最小化でき、さらに熱処理後の靱性や耐摩耗性がJIS規格のSKD11と同等であり、その上焼入れ焼戻し処理方法を組み合わせることにより、55～60HRCの硬さを発見し、SKD11よりも著しく被削性を改善した冷間工具鋼を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記の目的を達成するために鋭意検討を重ね、下記の知見を得て本発明を完成するに至った。焼なまし材の被削性を改善する成分は、 $1.10\% < C < 1.35\%$ 、 $Si < 0.30\%$ 、 $9.0\% < Cr < 11.0\%$ 、 $6.0\% < Cr / C < 10.0\%$ 、 $Mo < 1.35\%$ 、 $V < 0.45\%$ を含有し、一層被削性を改善するには $0.04\% \leq S \leq 0.17\%$ を添加する必要がある。高硬度でかつ焼なまし材で被削性を改善するためには、成分範囲をさらに限定し、 $1.10\% < C < 1.35\%$ 、 $0.175\% < Si < 0.300\%$ 、 $9.0\% < Cr < 11.0\%$ 、 $1.10\% < Mo$ 、 $0.25\% < V < 1.20\%$ にする必要がある。

【0007】耐摩耗性を改善する成分は、 $1.20\% < C < 1.35\%$ 、 $0.20\% < Si < 0.35\%$ 、 $9.0\% < Cr < 11.5\%$ 、 $1.10\% < Mo$ 、 $0.20\% < V$ を含有する必要がある。さらに高硬度での被削性と耐摩耗性を著しく改善するには、熱処理の限定が必要である。焼入れ後の焼戻し処理を500℃以上とし、2回以上繰返し、熱処理後の硬さをロックウェル硬度で54.8～60HRCの範囲内にすることが重要である。さらに著しい改善には、目標硬度を57.5HRCとし、55.9～59HRCに制御する必要がある。

【0008】すなわち、請求項1に記載の発明は、重量%で、C：1.20～1.35、Si：0.20～0.30、Mn：0.3以上、Cr：9.0～11.0、Mo：1.10～1.35、V：0.20～0.45を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなり、焼入れ焼戻し実施後のロックウェル硬さが55～60HRC

に選択されて成り、被削性を優れしめたことを特徴とする冷間工具鋼であり、請求項2に記載の発明は、さらに重量%で、 $S: 0.04 \sim 0.17$ を含有することを特徴とする請求項1記載の冷間工具鋼であり、請求項3に記載の発明は、耐摩耗被削性指数が、次の式： $1800 < 25329 - 0.325 \times (\text{ロックウェル硬さ})^3 + 27.05 \times (\text{ロックウェル硬さ})^2 + 15.9 \times (\text{残留オーステナイト}\%)^2 - 329.9 \times \text{残留オーステナイト}\%$ を満足する請求項1または2記載の冷間工具鋼であり、請求項4に記載の発明は、焼入れ後の焼戻し処理温度を 505°C 以上とし、2回以上繰り返し処理を実施し、ロックウェル硬さを $55 \sim 60\text{HRC}$ にしたことを特徴とする請求項1または2記載の冷間工具鋼であり、請求項5に記載の発明は、前記焼戻し処理温度が 510°C 以上であり、ロックウェル硬さが $56 \sim 59\text{HRC}$ であることを特徴とする請求項4記載の冷間工具鋼である。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明者等の前記の先願発明は、熱処理変寸を最小にし、耐摩耗性を従来のSKD11と同等にしながら、焼なまし材の被削性を著しく改善したものである。本発明は、先願発明の成分範囲をさらに限定することで、JIS規格のSKD11の焼入れ焼戻し後の切削加工を可能としたものである。先願発明のように焼入れ後の切削加工が可能となっただけでは、従来のように粗加工—熱処理—仕上げ加工と長い工程を必要とする。本発明に係る鋼は、なされた焼入れ焼戻し後に切削加工が可能のため、工程の短縮が可能となり、さらに金型のコストダウンが可能となる。また、熱処理による変形や変寸などによる金型寸法の狂いが焼入れ焼戻し後の切削加工を実施することができるため寸法の狂いが無い。

【0010】先願発明の成分範囲は、重量%で $1.1 < C < 1.35$ 、 $Si < 0.30$ 、 $9.0 < Cr < 11.0$ 、 $0.6 < Cr/C < 10$ 、 $Mo < 1.35$ 、 $V < 0.45$ を含有し、一層被削性を改善するには $0.04 \leq S$ を添加する必要がある。しかし、 $1.15C - 0.15Si - 10Cr - 1.0Mo - 0.2V - 0.08S$ では、JIS規格のSKD11に比べ、熱処理後の耐摩耗性や焼なまし状態の被削性は良好であるが、焼入れ焼戻し後の被削性は悪い。これを $1.2C - 0.25Si - 10Cr - 1.2Mo - 0.3V - 0.45S$ とすると、耐摩耗性はもとより焼なまし材や焼入れ後の被削性を著しく改善することが可能である。

【0011】焼入れ後の被削性と焼入れ焼戻し後の耐摩耗性を同時に満足する成分範囲は、 $1.1 < C < 1.35$ 、 $0.175 < Si < 0.30$ 、 $9.0 < Cr < 11.0$ 、 $1.1 < Mo$ 、 $0.25 < V < 1.20$ にする必要がある。より一層被削性を改善するためには $0.04 \leq S$ を添加する必要がある。

【0012】ここで、本発明における冷間工具鋼、すなわちプレハードン鋼の組成を前記の如く限定している理由について以下に説明する。

【0013】Cは、重量%で 1.1 以下、 1.35 以上となると著しく被削性と耐摩耗性が悪くなる。望ましくは 1.2% とすることで被削性と耐摩耗性を最適にできる(図5および6参照)。Siは、 0.175 以下、 0.30 以上となると被削性が悪くなる。また、 0.175 以下、 0.35 以上となると耐摩耗性が悪くなる。このことから、最適成分範囲は $0.175 < Si < 0.30$ と言える(図7および8参照)。Mnは、 0.3 未満では被削性が悪く、 0.3 以上を確保する必要がある。望ましくは、 0.35 以上である必要がある(図9および10参照)。Crは、 9 未満、 11 以上となると被削性と耐摩耗性が悪くなる。最適値は、 10.5 であると言える(図12および13参照)。

【0014】Moは、 1.1 未満となると被削性と耐摩耗性が悪くなる。また 1.2 以上では被削性ならびに耐摩耗性はそれ以上向上しないから、製造コストを最低にするためにも最適値は、 1.2 と言える(図14および15参照)。Vは、 0.25 以下、 1.2 以上となると被削性が悪くなる。また耐摩耗性は、 0.2 未満となると著しく悪くなる。製造コストを最低にするためにも最適値は、 0.3 であると言える(図16および17参照)。また、Vが 0.45 を超えると熱処理の時に最大変寸率が大きくなるため好ましくない。Vは、結晶粒を微細化し、耐摩耗性を向上させる。そのために必要な下限量は、 0.20 重量%以上である。従って、Vは $0.20 \sim 0.45$ 重量%が好ましい。Sは、従来の先願発明と同様に 0.04 未満では被削性の改善効果が少ない(図11参照)。また、 0.17 以上となると熱間鍛造性が悪くなるために適切でない。

【0015】ところで、合金工具鋼の熱処理において、焼戻しによって残留オーステナイトが完全には分解せず、熱処理条件によってその量は変化するが、大体 $5 \sim 30\%$ 程度のオーステナイトが残留し、この残留オーステナイトが非常にゆっくりではあるが、分解することによって変寸を生じるとされている(例えば、特開平9-125204号公報参照)。

【0016】この残留オーステナイトを考慮すると、熱処理および硬さは、高硬度での被削性と耐摩耗性を改善するために限定が必要である。耐摩耗性と被削性を同時に考慮した耐摩耗被削性指数 $<(\text{発明鋼の被削性}/\text{SKD11の同一硬度での被削性}) \times \text{発明鋼の耐摩耗性}>$ の関係式は、

耐摩耗被削性指数 $= 25329 - 0.325 \times (\text{硬さ})^3 + 27.05 \times (\text{硬さ})^2 + 15.9 \times (\text{残留オーステナイト}\%)^2 - 329.9 \times \text{残留オーステナイト}\%$ の範囲を満足する必要のあることが、表2に示す実験結果およびその回帰分析による推定式から判明した。な

お、高温焼戻し開発鋼2の硬さと耐摩耗被削性指数の関
係を表わすグラフを図2に示す。この際の実験条件は下

熱 処 理：真空熱処理（窒素冷却）

被削性評価：超硬コーティングエンドミル（2枚刃）2φ

切削速度23.2m/分、送り量0.006mm/刃

切り込み2mm×0.1mm 乾式

工具寿命は工具が折損するまでの距離で比較した。

本発明の冷間工具鋼（以後発明鋼と略記する）は、従来
鋼SKD11と同等の耐摩耗性を確保し、かつ被削性を
改善するためには耐摩耗被削性指数が1800を超える
必要があり、ロックウェル硬度を52～60HRCの範
囲内にすることが重要である。さらに、被削性を2.5
倍以上に著しく改善するには、目標を57HRCとし、

記の通りである。

55～59HRCに制御する必要があることは、表3に
示すとおりである。なお、表3に示す性能は、高温焼戻
し2回の熱処理により得た。

【0017】

【表2】

	焼入れ温度 (℃)	焼戻し温度			硬さ (HRC)	残留オーステナイト (%)	耐摩耗性	被削性 mm	被削性指数	耐摩耗 被削性指数	重回帰式による計算値 耐摩耗被削性指数
		1回目	2回目	3回目							
SKD11	1020	180	なし	なし	61	12.0	99	49	—	—	—
	1010	200	200	なし	60	10.0	99	50	—	—	—
	1025	200	220	200	60	9.5	100	51	—	—	—
	1030	415	なし	なし	58	9.0	100	60	—	—	—
	1010	312	300	320	58	8.0	100	59	—	—	—
	1020	510	なし	なし	61	5.8	99	49	—	—	—
	1010	515	510	なし	61	0	97	49	—	—	—
	1030	510	510	510	61	0	97	49	—	—	—
	1030	505	505	なし	61	0	98	58	—	—	—
	1030	520	535	なし	58	0	99	80	—	—	—
	1030	560	545	なし	55	0	87	178	—	—	—
開発鋼2	1020	220	なし	なし	51	10.3	100	74	1.5	150	198
	1010	210	200	なし	60	8.7	98	85	1.7	167	174
	1025	205	195	200	60	8.5	100	101	2	200	211
	1010	400	なし	なし	58	10	98	312	5.2	515	537
	1030	300	300	295	58	7.8	95	381	5.5	618	610
	1020	510	なし	なし	61	5	99	217	4.4	434	448
	1010	510	510	なし	61	2.5	105	355	7.5	788	752
	1030	510	510	500	61	0	105	584	12	1260	1477
	1030	180	510	500	61	0	98	1015	17.5	1717	1808
	1030	530	532	なし	58	0	99	2000	25	2475	2310
	1030	540	545	なし	55	0	70	6230	35	2450	2416
	1030	570	565	なし	51	0	32	4215	57	1802	1808

重回帰分析による推定式：耐摩耗被削性指数 = $25329 - 0.325 \times (\text{硬さ})^2 + 27.05 \times (\text{硬さ}) + 15.9 \times (\text{残留オーステナイト})^2 - 329.9 \times \text{残留オーステナイト}\%$

【0018】

【表3】

SKD11					
硬さ	60	58	55	52	50
被削性	52	55	77	156	169
耐摩耗性	100	97.9	91.1	50	16

発明鋼1					
硬さ	60	58	55	52	50
被削性	85	127	168	181	184
耐摩耗性	98	96.9	87.5	42.4	14
被削性指数	1.63	2.32	2.18	1.16	1.09
耐摩耗被削性指数	160.2	224.5	190.9	49.2	15.0

発明鋼1					
硬さ	60	58	55	52	50
被削性	90	138	180	200	204
耐摩耗性	103	98.9	92.5	55.1	4.9
被削性指数	1.73	2.50	2.34	1.28	1.21
耐摩耗被削性指数	178.3	247.3	216.2	70.6	5.9

【0019】熱処理変寸を最小化するために、残留オーステナイトを2.5%以下に制限することに関して言及するならば、熱処理および硬さは、高硬度での被削性と耐摩耗性を改善するために限定が必要である。さらに、焼入れ後の焼戻し処理を510℃以上とし、2回以上繰り返し、残留オーステナイト量を2.5%以下にする場合、耐摩耗性と被削性を同時に考慮した耐摩耗被削性指数 $<(\text{発明鋼の被削性}/\text{SKD11の同一硬度での被削性}) \times \text{発明鋼の耐摩耗性}>$ が硬さとの関係式：

$$\text{耐摩耗被削性指数} = 0.84 \times (\text{硬さ})^3 + 134.4 \times (\text{硬さ})^2 - 7120 \times \text{硬さ} + 12069$$

を満足する必要があることが、硬さと耐摩耗性および被削性の関係を表わすグラフを示す図3、およびこれを耐摩耗被削性指数と硬さの関係のグラフに整理した図4から判明した。発明鋼は従来鋼SKD11と同等の耐摩耗性を確保し被削性を80%以上改善するためには、ロックウェル硬度を54.8~60HRCの範囲内にすることが重要である。さらに被削性を2倍以上に著しく改善するには、目標を55.9~59HRCに制御する必要がある。

熱処理：真空熱処理（筐素冷却）

1020℃焼入れ、500~570℃焼戻し2回

被削性評価：超硬コーティングドリル（1.5φ）

切削速度10m/分、送り0.1mm/rev、深さ4.5mm

切削油 エマルジョン水溶液

工具寿命はSKD11の60HRCでの工具が折損するまでの寿命を50として比較した。

【0020】

【実施例】本発明の実施例を以下に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものでないことは、いうまでもない。

テストピースの準備

表1に示す組成（重量%）および組成比で、被削性試験、摩耗試験および熱処理変寸の異方性の試験用テストピースを17種類作製し、各試験に供した。

【0021】基準試料の準備

JIS G 4404に規定されているSKD11を準備し、各試験の基準試料とした。

【0022】上記のようにして準備した試料を用いて、以下の方法で、被削性試験、摩耗性試験および熱処理変寸の異方性の試験を実施した。

【0023】被削性試験

焼鈍し材（HRB85~98）に下記の条件の熱処理を施した後、ハイスエンドミルで側面切削（径方向切り込み0.5mm×軸方向15mm）を実施し、下記の条件で被削性評価を行った。

【0024】摩耗試験

大越式摩耗試験機を使用し、SUJ2を相手材とし、0.3m/秒で最終荷重6.3kgfで400mm摩耗させ、その時のSKD11の摩耗量を100として、各テストピースの摩耗量を測定した。

【0025】熱処理変寸試験

150×120×20テストピースを940～1030℃にて真空焼入れし、200～550℃で焼戻を実施して、マイクロメーターにて最も変寸した量を元の大きさで割ったものを最大変寸量(%)とした。

【0026】

【表1】

	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V	Gr/C	耐摩耗性	被削性			最大 熱処理変寸%
											60HRC	58HRC	55HRC	
SKD11	1.42	0.30	0.35	0.01	0.01	12.00	0.09	1.25	8.4	100	52	55	57	0.22
発明鋼1	1.20	0.25	0.40	0.04	0.01	10.90	1.12	0.43	9.1	98	85	127	168	0.10
発明鋼2	1.20	0.21	0.42	0.05	0.01	10.00	1.20	0.30	8.3	103	90	138	180	0.10
比較鋼1	1.10	0.34	0.33	0.04	0.01	9.62	1.10	0.42	8.7	92	86	95	120	0.11
比較鋼2	1.20	0.14	0.37	0.08	0.09	9.00	1.50	0.75	7.5	97	90	102	122	0.14
比較鋼3	1.30	0.20	0.34	0.10	0.09	10.00	1.40	1.05	7.7	95	85	100	120	0.16
比較鋼4	1.00	0.16	0.35	0.02	0.07	9.66	1.19	0.33	9.7	100	80	96	105	0.12
比較鋼5	1.00	0.17	0.36	0.02	0.01	7.71	1.00	1.50	7.7	82	55	65	75	0.23
比較鋼6	1.10	0.15	0.38	0.02	0.01	11.00	1.10	1.40	10.0	95	60	88	104	0.21
比較鋼7	1.10	0.14	0.38	0.02	0.01	9.00	1.13	1.31	8.2	84	72	77	85	0.20
比較鋼8	1.37	0.13	0.37	0.02	0.09	12.00	0.92	0.19	8.8	91	48	53	58	0.09
比較鋼9	1.36	0.17	0.39	0.02	0.01	7.29	0.40	1.17	5.4	94	50	55	59	0.18
比較鋼10	1.35	0.33	0.28	0.01	0.02	13.00	0.20	1.60	9.6	87	33	38	44	0.24
比較鋼11	1.35	0.15	0.33	0.03	0.01	9.00	0.92	0.32	6.7	90	81	84	87	0.12
比較鋼12	1.40	0.33	0.36	0.02	0.01	8.24	0.80	0.16	5.9	80	72	74	84	0.10
比較鋼13	1.40	0.34	0.35	0.02	0.01	7.39	0.40	0.14	5.3	71	43	50	53	0.10
比較鋼14	1.50	0.38	0.37	0.01	0.06	7.66	0.25	1.30	5.1	92	46	51	54	0.22

【0027】表1の結果より、被削性試験、摩耗試験および熱処理変寸試験とも、本発明鋼は基準試料と同等またはそれ以上であるが、本発明の範囲をはずれる比較鋼では好結果が得られないことが判る。また、図1は、表1の被削性試験結果をグラフ化して示すものである。さらに、図5～図19は、本発明鋼の元素構成割合または構成比を限定した根拠が妥当であることを示すものであ

熱処理：真空熱処理（窒素冷却）

1020℃焼入れ、500～570℃焼戻し2回

被削性評価：超硬コーティングエンドミル（2枚刃）2φボールエンドミル

工具寿命は金型が製造できるまでの工具本数で比較した。

発明鋼は、SKD11に比べて各硬度において切削加工が極めて容易であることが判る。

【0029】また、硬度60HRCの発明鋼とSKD1

《No. 1》

□工具：超硬TiNコーティングミルφ4-2枚刃

□条件：S12000 F2000 Z切込→4.0 サイド切込→0.2

SKD-11

△切削長→1000mm（0.8cm²）にて破損

る。

【0028】次に、図20に示すコネクティングロッドを作製するための金型を作成するのに使用した工具の本数をSKD11と比較して示した。コネクティングロッドの諸元を工具の本数と共に図20下部に添付一覧表示した。なお、金型用鋼の熱処理条件および被削性評価方法は下記に示す通りである。

1の切削マシンとしてUX75を使用したエアブロー方式の高硬度切削試験を、工具と条件を変えて行なった比較試験を下記に示す。

発明鋼

△切削長→1625mm (13cm²) にて破損 約1.6倍

《No. 2》

□工具：超硬TiNコーティングエンドミルφ6-2枚刃

□条件：S3000 F1000 Z切込→4.0 サイド切込→0.1

SKD-11

△切削長→1250mm (0.5cm²) にて破損

発明鋼

△切削長→10000mm (40cm²) にて消耗 約80倍

条件によってKD11Sの切削性の良さが変化し何倍(何%)良いとは言えない。但し上記の結果からH/T後の切削性はSKD11より良くなるものと確信できる。

【0030】さらに、WA砥石による研磨焼け試験を行ったが、試験条件と本発明鋼とSKD11の比較結果を下記に示す。

試験条件

- ・研磨形態：平面研磨
- ・砥石材料：WA (アルミナ)
- ・と 粒：32A (粒度46、結合度J：結合材VBE)
- ・砥石径：205×19.0×31.75
- ・加工距離：1.2m
- ・切削液：水溶性切削油

試験結果

研磨焼けの黙視結果

切り込み量	0.0025mm	0.0050mm	0.0075mm	0.0100mm	0.0170mm
SKD11	◎	△	×	×	×
発明鋼	◎	◎	◎	○	△

◎：研磨焼けなし、○：研磨焼けわずかにあり

△：一部研磨焼け、×：全面研磨焼け

【0031】なお、発明鋼とSKD11のラフィングエンドミルの被削性比較結果を図21にグラフ化して示

被削材：焼きなまし材

使用機械：NCフライス

工具：ラフィングエンドミル 6mm

切削速度：6~28m/min

送り量：0.012mm/tooth

切り込み：6mm

切削幅：6mm溝切削

切削油：乾式

59HRCであることにより、さらに著しく改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】SKD11と比較した発明鋼と比較鋼の被削性の優劣を示すグラフである。

【図2】発明鋼の硬さと耐摩耗被削性の関係を示すグラフである。

【図3】SKD11と残留オーステナイト量2.5重量%以下の発明鋼の被削性および耐摩耗性の硬さとの関係を示すグラフである。

【図4】図3の発明鋼のグラフを耐摩耗被削性指数と硬さの関係に整理したグラフである。

【図5】C含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図6】C含有率(重量%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

【図7】Si含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図8】Si含有率(重量%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

【0032】

【発明の効果】以上の通り本発明の冷間工具鋼は、重量%で、C：1.20~1.35、Si：0.20~0.30、Mn：0.3以上、Cr：9.0~11.0、Mo：1.10~1.35、V：0.20~0.45を含有させているので、焼入れ焼戻し後の被削性が良好で、さらにSを0.04~0.17重量%含有させているので一層改善される。

【0033】また、耐摩耗被削性指数が、次の式： $1800 < 25329 - 0.325 \times (\text{ロックウェル固さ})^3 + 27.05 \times (\text{ロックウェル硬さ})^2 + 15.9 \times (\text{残留オーステナイト}\%)^2 - 329.9 \times \text{残留オーステナイト}\%$ を満足させているので、オーステナイトの残留があってもSKD11と同等と耐摩耗性を確保すると共に被削性と最大熱処理変寸が向上する。

【0034】その上、焼入れ後の焼戻し処理温度を505℃以上とし、2回以上繰返し処理を実施し、ロックウェル硬さを55~60HRCにしたことにより、高硬度での被削性と耐摩耗性が著しく改善し、前記焼戻し処理温度が510℃以上であり、ロックウェル硬さが56~

【図9】Mn含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図10】Mn含有率(重量%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

【図11】S含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図12】Cr含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図13】Cr含有率(重量%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

【図14】Mo含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図15】Mo含有率(重量%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

【図16】V含有率(重量%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図17】V含有率(重量%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

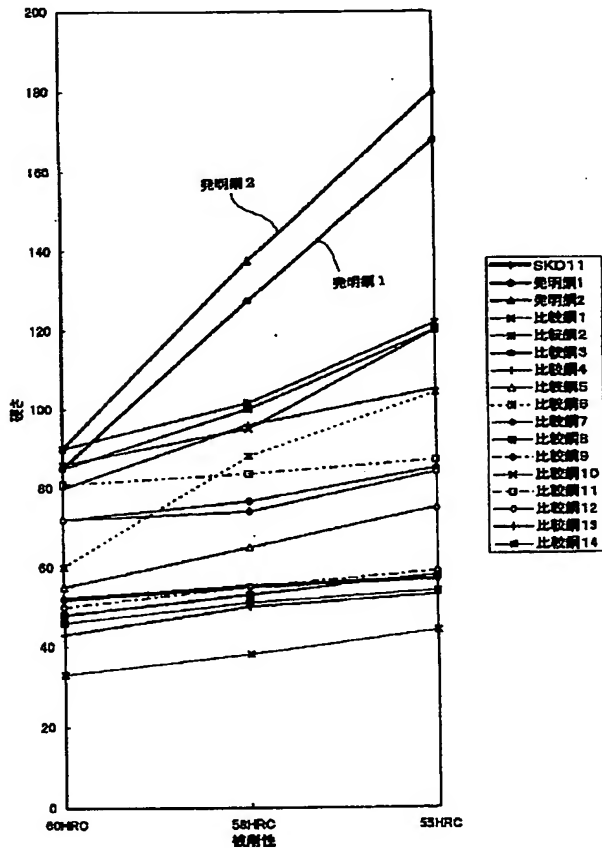
【図18】Cr/Cの重量比(%)と被削性の関係を示すグラフである。

【図19】Cr/Cの重量比(%)と耐摩耗性の関係を示すグラフである。

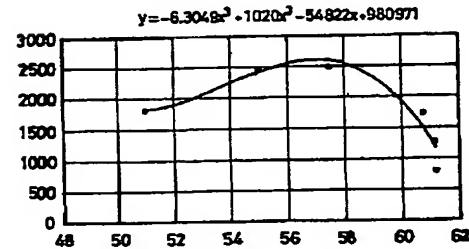
【図20】コネクティングロッドを作製するための金型の斜視図である。ロッドの作製諸元と金型作成に使用した工具の本数も併せ示す。

【図21】SKD11と発明鋼のラフィングエンドミルの被削性の比較を示すグラフである。

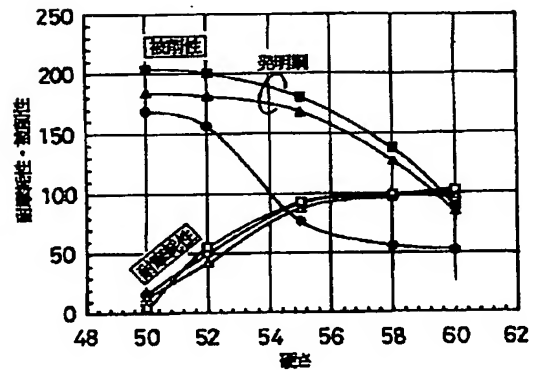
【図1】



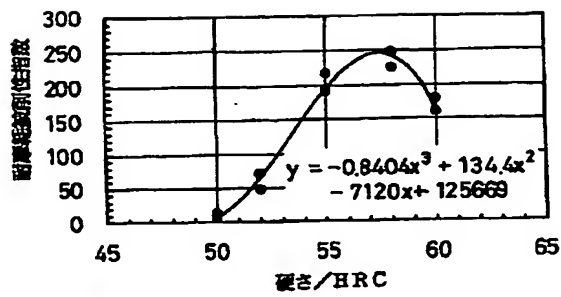
【図2】



【図3】

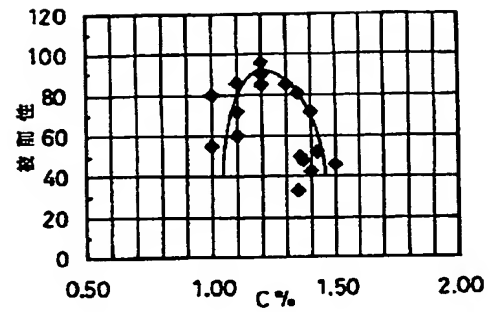


【図4】

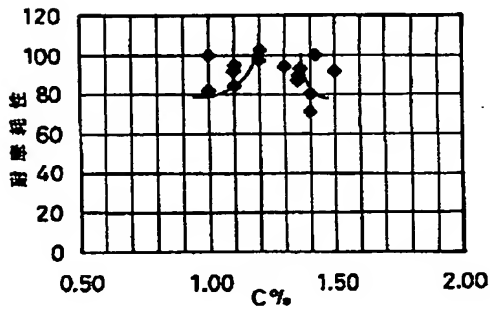


X: 硬 度
Y: 耐摩耗性指数
被 削 性 指 数 : 非晶質の被削性 / SKD11の被削性
耐摩耗性指数: 被削性指数 × 非晶質の耐摩耗性

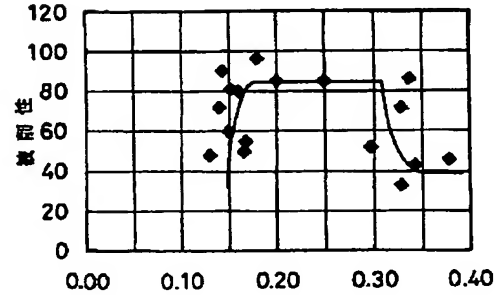
【図5】



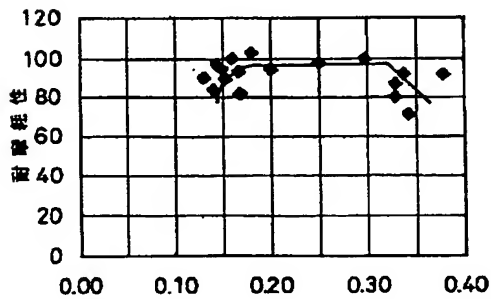
【図6】



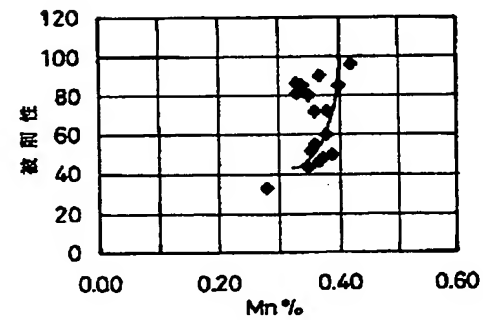
【図7】



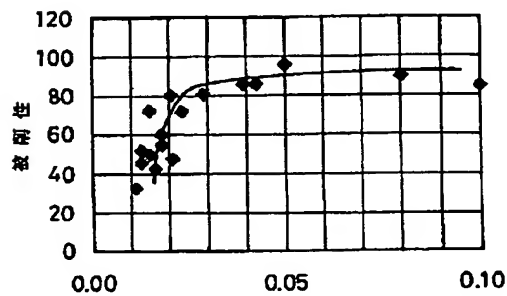
【図8】



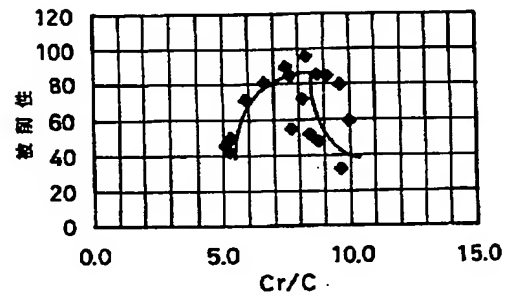
【図9】



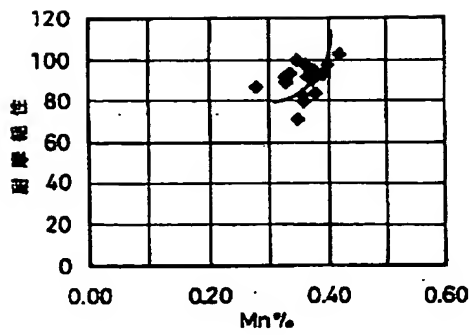
【図11】



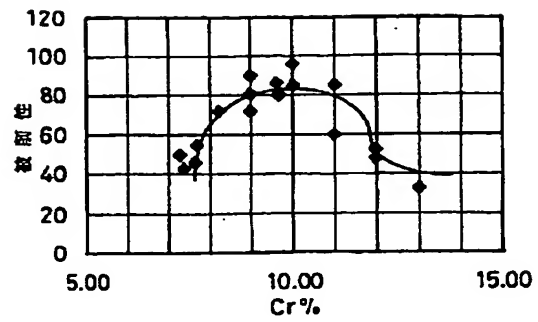
【図18】



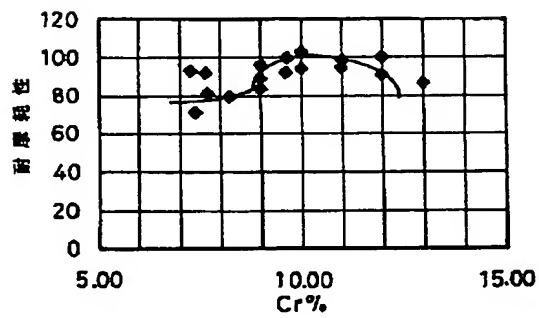
【図10】



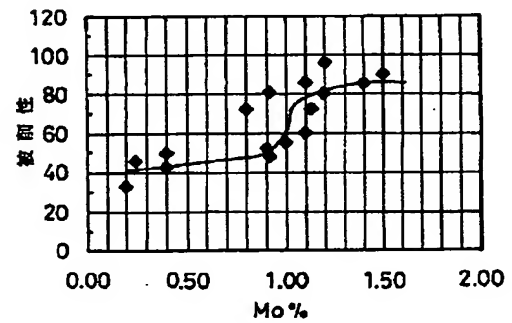
【図12】



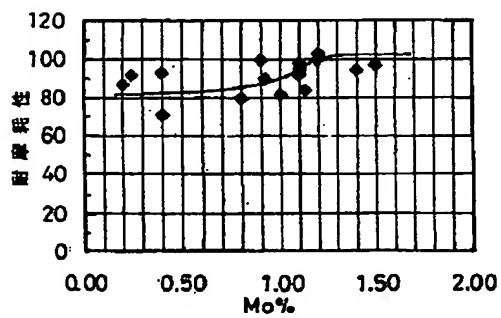
【図13】



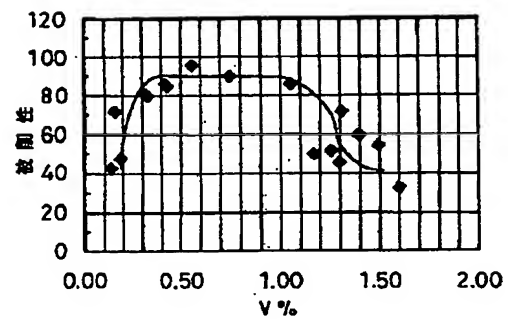
【図14】



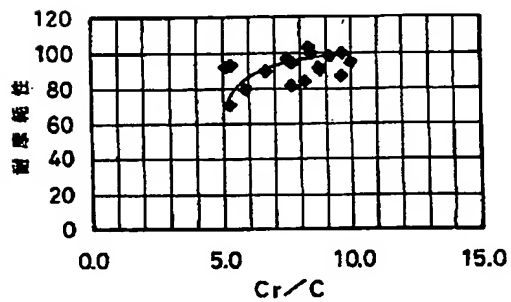
【図15】



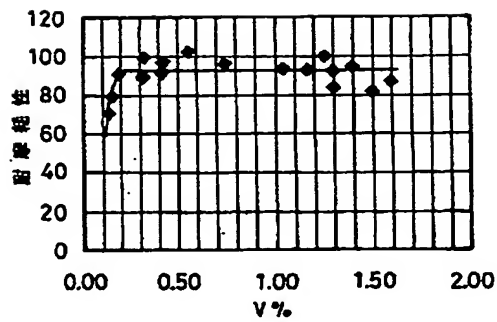
【図16】



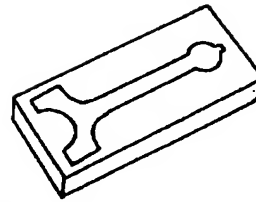
【図19】



【図17】



【図20】

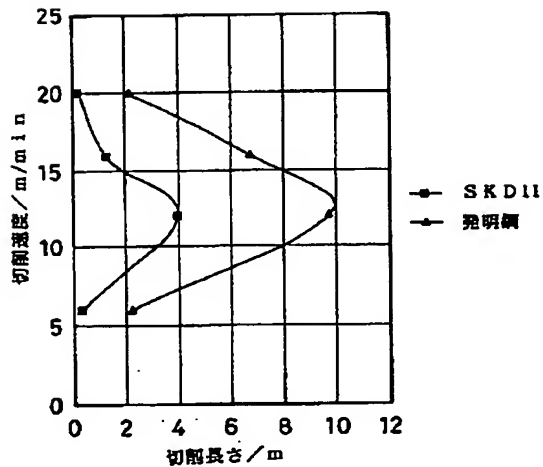


名 称 (NAME)	コネクティングロッド (Connecting Rod)	
材 質 (MATERIAL)	XD-11 S	
工 程 (PROCESS)	粗削 (ROUGH)	仕上削削 (FINISH)
工 具 (CUTTER)	R1.0 (R.04°) (RESHARPTED (TRAID) ロータリ)	
Z 進 (Z STEP)	mm (inch)	0.25 (0.01") 0.1 (0.004")
送り方向 (STEP)	mm (inch)	0.25 (0.01") 0.1 (0.004")
主軸速度 (SPIN SPEED)	min	25,000 25,000
送り速度 (FEEDRATE)	mm/min (in/min)	2,500 (100) 2,500 (100)
CRG Shape	OFF ON	
切 削 長 (LENGTH)	m (ft)	140 (458) 60 (257)
加工時間 (MACH TIME)	min	60 22
切削体積 (VOLUME)	cc (in³)	101.01
切 削 剤 (COOLANT)	ミストクーラント (MIST COOLANT)	
備 考 (REMARKS)		

金型を作成するのに使用した工具の本数

硬さ	SKD11	発明鋼
60HRC	10本	3本
58HRC	8本	1本
55HRC	8本	1本
53HRC	8本	1本

【図21】



【手続補正書】

【提出日】平成10年6月24日

【手続補正1】

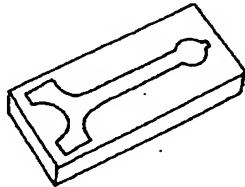
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図20

【補正方法】変更

【補正内容】

【図20】



名 称 (NAME)	コネクティングロッド (Connecting Rod)	
材 質 (MATERIAL)	本発明鋼	
工 程 (PROCESS)	鍛造 (FORGE)	仕上げ加工 (FINISH)
工 具 (CUTTER)	R1.0 [0.04"] (R0.04) (R1.0) 2-タイプ	
Z 幅 (Z STEP)	mm [inch]	0.25 [0.01"]
径方向切込 (STEP)	mm [inch]	0.25 [0.01"]
主 軸 速 度 (SPIN SPEED)	rpm	25,000
送り速度 (FEEDRATE)	mm/min [ipm]	2,500 [100]
CHC Shape	OFF	ON
切 削 長 (LENGTH)	mm [inch]	140 [5.5"]
加工時間 (MACH TIME)	min	60
切削体積 (VOLUME)	cc [in ³]	15 [1.0]
切 削 剤 (COOLANT)	ミストクーラント (MIST COOLANT)	
備 考 (REMARKS)		

金型を作成するのに使用した工具の本数

硬さ	SKD11	発明鋼
60HRC	10本	3本
58HRC	8本	1本
55HRC	8本	1本
53HRC	8本	1本

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
C22C 38/24

識別記号

FI
C22C 38/24